

Aluminum Alloys:  
Structure and Properties

L. F. Mondolfo

BUTTERWORTHS  
LONDON-BOSTON  
Sydney-Wellington-Durban-Toronto

To Vittoria

BEST AVAILABLE COPY

## Composition

### PURITY

Primary aluminum is produced in a variety of grades\*, normally ranging from 99% to better than 99.999%. Three different types, corresponding to different production methods, can be distinguished:

1. *Commercially Pure Aluminum* is the metal that comes from the reduction of  $Al_2O_3$  in the electrolytic cell and it is the bulk of the commercial production. It may contain up to 1% impurities and very seldom exceeds 99.9% purity.
2. *Refined Aluminum* is produced by electrorefining the commercially pure metal in the three-layer cell. Its purity ranges from 99.9% to 99.99 + %.
3. *Zone Refined Aluminum* is produced by zone refining and, with proper starting material and technique, can produce metal with less than one ppm impurities. This purity has been produced by zone refining metal electrodeposited from organic baths (1-4).

Freeze refining methods (5, 6), also based on fractionary crystallization, are designed as commercial processes; the starting stock is commercial material rather than material already refined; and no repeated refining is done, as normal in zone refining. Therefore, the product from this process is much closer in purity to electrolytically refined than to zone refined.

Secondary aluminum is produced by remelting fabrication scrap or obsolete equipment and is usually recovered in the form of alloys. Even when high-quality scrap such as electrical cable or bus bar is remelted, the 'secondary pure aluminum' that results is less pure than the corresponding primary because of the unavoidable contamination with other materials.

Most of the impurities found in the primary metal come from the raw materials (bauxite, soda, carbon, etc.); therefore, to a great extent the raw materials should control the nature and level of impurities. However, this is not the only factor: substantial variations in composition are found between different batches from the same source. The data in Table 1.1 show that differences of more than one order of magnitude can be found between lots of the same origin, but that metal from widely separated sources may differ less.

Several analyses of various grades of primary metal are shown in Table 1.2

\* When grades or purities are considered it must be remembered that the purity is calculated by deducting from 100 the sum of the analyzed impurities. Although reliable laboratories analyze some 15-25 elements which are the most common and abundant impurities, there is a lower limit (0.001% or 0.001% at best) below which the impurity is not reported. These minor amounts, together with the non-analyzed impurities, may be sufficient to downgrade the grade of the metal, especially for the purer grades.

Table 1.1  
VARIATIONS OF COMPOSITION IN DIFFERENT BATCHES FROM THE SAME SOURCES AND FROM DIFFERENT SOURCES

Grade	Source	Cu	Fe	Si	Mg	Na	Cd	Composition (ppm)			V	Ti	Co	Cr	Ga	Sb	As	Se	Sm	Ref.	
								Zn	Ag	Mn											
Electrorefined	A1	1	1	<3	100	2	<1	5	<1											7	
	A2	1	4	4	3	1	<1	5	<1												
Electrorefined	B1	3	5	10	10	1	2	<5	<1	<1										7	
	B2	22	4	6	4	1	<1	<5	<1	<1											
	B3	21	10	30	5	2	3	<5	<1	<1											
Electrorefined	C1	40	80					36				40								8	
	C2	1	50					9				3									
	C3	4	6					40				1									
	C4	35	25					57				5									
Commercial	D1	120	500					150			50	160								8	
	D2	260	1700					220			8	220									
	D3	650	2800					340			210	300									
	D4	900	6900					230		900	380	550									
	D5	450	2900					430		510	190	170									
	D6	170	1700					670		120	100	120									
	D7	80	840					900		50	80	70									
	D8	20	240					1400		10	30	30									
Electrorefined	Canadian	189	25	14				3		0.25				0.3	7	1.8	<0.1	<0.5	0.3	0.5	9
	Hungarian	8-12	84	22				2		0.2				3	7-13	1.6	<0.1	0.5-9	0.2-0.5	0.3	
	Polish	5	25	17				1		0.3				0.5	3	0.5	<0.1	<0.5	0.17	0.05	

Table 1.2  
RANGES OF ANALYSES FOR VARIOUS GRADES OF ALUMINUM AND THEORETICAL AND EXPERIMENTAL PARTITION COEFFICIENT (K) FOR THE VARIOUS ELEMENTS. THE SIGN < INDICATES THAT THE ELEMENT IS BELOW THE LIMIT OF DETECTION OF THE ANALYTICAL METHOD USED

Element	Commercial 99.6-99.8	Froce refined	Amount present (ppm)		Zone refined	Partition coefficient	
			Electrorefined	Deposited from organic bath		Theoretical	Experimental
Ag	0.1-1		0.001-0.1	0.0005-0.002	0.001-0.1	0.2-0.9	<1
As	0.008-0.5		0.006-0.3	0.003-0.04	0.0001-0.03		
Au	0.001-0.5		0.0001-0.001	<0.00004-0.0001	0.0001-0.03		0.2
B	0.1-2	<10	0.001-0.1		<0.01		
Ba	0.1-10		0.05-2	<0.006	0.001-0.03	0.5	<1
Be	0.01-1	<1-10	<0.1			0.1-0.27	0.1-0.2
Bi	<10	<10	0.01-0.2	<0.1	<0.003-0.1	<0.001-0.06	0.45
Br	<0.1		<0.04		<0.01-0.02		
C	0.1-100		1-2		0.2-2		
Ca	0.1-50	<1-10	0.1-0.2	<0.05-0.3	0.02-2	0.07-0.08	0.08
Cd	0.01-5	<10	0.005-3	<0.005-0.01	0.0002-0.2	<0.001-0.065	0.0667
Ce	0.01-1		0.01-0.3		<0.003-0.01	<0.01	0.005
Cl	0.1-10		0.01-3		0.2-100		
Co	0.1-5	<10	0.004-0.4	<0.01	<0.0001-0.01	0.02	0.014
Cr	2-50	<2-10	0.01-0.4	0.004	0.01-0.5	1.75-2	0.5-2
Cs	<0.01		0.0001-0.01	<0.0003	0.0003-0.1		
Cu	5-100	5-10	0.4-5	0.25-0.35	0.0006-0.4	0.14-0.17	0.14-0.17
Dy	<1		0.01-0.6		<0.004-0.01		
Er			<0.01		<0.01		
Eu			<0.01		<0.0006-0.001		
F	3-5		<0.1		<0.1		
Pb	400-2000	<10-40	1.5-30	0.5-3	0.01-0.6	0.02-0.03	0.02-1
Ga	10-200	10-30	0.005-2	0.1-40	0.0001-0.05	0.22	0.002
Gd			0.01-0.04		<0.0001-0.01		
Ce	<1		<0.03		<0.01-0.03	0.06-0.13	0.13
Hf	<0.001		0.0004-0.07	0.0008-0.001	0.0001-0.02	1.3	2.5

Table 1.2—Continued

COMPOSITION

Element	Commercial 99.6–99.8	Freeze refined	Amount present (ppm)		Zone refined	Partition coefficient	
			Electrorefined	Deposited from organic bath		Theoretical	Experimental
Hg	<0.001		0.0004–<0.07	<0.001	0.00001–<0.01		
Ho			0.0005–0.01		0.0001–0.003		
I			<0.003		<0.003–<0.01		
In			<0.003–<0.1		<0.003–0.01	<0.001	0.01
Ir			<0.005		<0.005	<0.001	0.01
K	<0.01		0.002–0.7	<0.15–0.8	<0.01–1	<0.001	
La	0.01–10		0.01–10		<0.001–0.1	<0.01	<1
Li	1–10		0.003–0.02			0.45	0.73
Lu			0.002		<0.0001–<0.003		
Mg	5–50	2–<10	1–20		0.1–0.3	0.45–0.5	>0.5
Mn	5–50	<10	0.01–1	0.0008–0.03	0.006–0.6	0.7–0.9	0.5
Mo	0.1–1		0.005–0.4	<0.01	0.0025–0.2	2–2.5	2
N	1–7	<1–10	<2–20		<0.1–0.2		
Nb	0.1–500		0.01–10		0.01–1	<0.0001	0.00014–0.03
Nd			<0.01	3	<0.01	1.5	1.57
Ne	0.1–1		0.1–0.2		<0.01		
Ni	1–20	<10	0.02–3	<0.03	<0.001–0.3	0.008–0.01	<0.03–0.9
O	1–100		1–10		0.5		
Os			0.008		<0.008		
P	1–30		0.1–10		0.04		
Pb	1–50	10	0.01–10		0.004–0.25	0.01–0.12	0.134
Pd			<0.001–<0.01		<0.001–<0.01	<0.04	<1
Pr	0.01–0.1		0.02–0.1		<0.001–<0.003	<0.001	
Pt			0.5		<0.5		
Rb	<0.1		<0.003–0.05	<0.004–0.05	<0.005–<0.01		
Rc			<0.005		<0.005		
Rh			<0.01		<0.01		
Ru			<0.03		<0.03		
S	0.2–20		0.2–15		0.06–1.1		

COMPOSITION

Sb	0.01–2		0.02–1.5	0.05–0.3	0.00002–0.3	0.01–0.1	0.01–0.09
Se	0.01–1		<0.01–1.5	0.003–0.004	0.006–0.5		0.75–0.8
Sc	<0.1		0.003–<0.02	<0.001	<0.0002–<0.02		0.75
Si	200–1000	20–40	1–30		0.1–0.8	0.13	0.09–0.5
Sm	0.4		0.005–0.4		<0.0001–0.03		
Sn	0.1–30	<10	0.01–2		<0.0001	<0.0001	0.00025
Sr	0.01–0.1		<0.01–0.5		<0.005–<0.5		
Ta			<0.1	<0.006	<0.01	1.69	1.66
Tb	0.1		0.003–0.1		<0.001–0.003		
Tc	0.01–0.1		0.006–<0.03	<0.002–0.008	<0.0001–<0.05		<1
Th	<0.04		0.002–0.20	0.002	<0.00001–<0.003	0.08	0.04
Ti	10–100	<10–20	0.01–<10		0.05–0.5	8–13	
Tl			<0.005–0.1		<0.005		
Tm			<0.003		<0.003–<0.01		
U			0.002–0.30		<0.00005–0.7	0.001	0.015
V	5–100	<10–10	<0.01–0.4		<0.03–0.5	2.5	3.7
W	0.01–0.2		0.002–1	0.0002–0.001	<0.0002–0.3	1.5	0.3
Y	0.01–0.1		<0.01–0.1		<0.001–<0.01	0.02–0.05	
Yb			<0.01–0.03		<0.001		
Zn	10–200	<10–40	0.3–30	0.06–0.17	<0.001–2	0.7–0.75	0.01–0.03
Zr	10–40	10–25	0.01–2	<0.04	<0.01–0.04	1.2–2.4	1.5–2.6

\* JIS規格表及び当会発行図書、海外頒布をお求めの四角、本部のほか下配の支部のFAXをご利用下さい。

本 部 〒107-8440 東京都港区赤坂4丁目1-24

販売 通信販売: (03) 3553-8002 書店販売: (03) 3553-8011 海外規格販売: (03) 3553-8000

FAX (03) 3553-0462 振替00169-2-195146・第一勧業銀行青山支店 当座0109544

札幌支部 〒060-0003 札幌市中央区北3条西3丁目1札幌大同生命ビル内 電話(011) 261-0045

FAX (011) 221-4020 振替02760-7-4351・北海道銀行 札幌駅前支店 普通0001052

東北支部 〒980-0014 仙台市青葉区本町3丁目5-22 宮城県営工事会館内 電話(022) 227-8336

FAX (022) 266-0905 振替02200-4-8166・富士銀行 仙台支店 当座0005092

名古屋支部 〒460-0008 名古屋市中区栄2丁目6-1 白川ビル別館内 電話(052) 221-6316

FAX (052) 203-4806 国替00800-2-23393・東海銀行 名古屋支店 当座0510306

関西支部 〒541-0053 大阪市中央区本町3丁目4-10 本町野村ビル内 電話(06) 6361-8086

FAX (06) 6561-9114 国替00910-2-2636・住友銀行 新橋町支店 当座0242335

広島支部 〒730-0040 広島市中区基町5-41 広島商工会議所ビル内 電話(082) 221-7023

FAX (082) 223-7568 国替01340-9-9419・広島銀行 本館 普通0658879

四国支部 〒760-0023 高松市寿町2-2-10 住友生命高松ビル内 電話(087) 821-7851

FAX (087) 821-3261 振替01680-2-3359・百十四銀行 高松駅前支店 普通0099035

福岡支部 〒812-0025 福岡市博多区基町1-31 東京生命福岡ビル内 電話(092) 282-8080

FAX (092) 282-9118 国替01790-5-21632・福岡銀行 基町通り支店 普通0004890

\* 当協会のホームページをご利用いただき、情報収集などにお役立てください。

URL: <http://www.jsa.or.jp/>

## JISハンドブック ③ 非鉄

2002年1月31日 第1版第1刷発行

定価: 本体 7,200 円 (税別)

発行所 財団法人 日本規格協会

〒107-8440 東京都港区赤坂4丁目1-24  
電話 (03) 3553-8007

印刷・装本 大日本印刷株式会社  
本文用紙 三島製紙株式会社

© 2002, Japanese Standards Association  
ISBN 4-542-17070-5 Printed in Japan

編集 日本規格協会  
発行人 坂倉 省吾

表2 化学成分

単位 %

合金番号	合材料	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Zr, Zr+Ti, Ca, V	Ti	その他 <sup>(1)</sup>		Al
											例々	合計	
1005	—	0.10以下	0.12以下	0.03以下	0.02以下	0.02以下	—	0.03以下	Ca0.03以下, V0.05以下	0.02以下	0.01以下	—	99.85以上
1009	—	0.15以下	0.15以下	0.03以下	0.02以下	0.02以下	—	0.03以下	Ca0.03以下, V0.05以下	0.03以下	0.02以下	—	99.80以上
1070	—	0.20以下	0.25以下	0.04以下	0.03以下	0.03以下	—	0.04以下	V 0.05以下	0.03以下	0.03以下	—	99.70以上
1050	—	0.25以下	0.40以下	0.05以下	0.05以下	0.05以下	—	0.05以下	V 0.05以下	0.03以下	0.03以下	—	99.60以上
1100	—	Si+Fe 0.95以下	—	0.05—0.20	0.05以下	—	—	0.10以下	—	—	0.05以下	0.15以下	99.00以上
1200	—	Si+Fe 1.00以下	—	0.05以下	0.05以下	—	—	0.10以下	—	0.05以下	0.05以下	0.15以下	99.00以上
1N00	—	Si+Fe 1.0以下	—	0.05—0.20	0.05以下	0.10以下	—	0.10以下	—	0.10以下	0.05以下	0.15以下	99.00以上
1N30	—	Si+Fe 0.7以下	—	0.10以下	0.05以下	0.05以下	—	0.05以下	—	—	0.03以下	—	99.50以上
2014	—	0.50—1.2	0.7以下	3.9—5.0	0.40—1.2	0.20—0.8	0.10以下	0.25以下	Zr+Ti 0.20以下	0.15以下	0.05以下	0.15以下	純部
2014 合板	心材	0.50—1.2	0.7以下	3.9—5.0	0.40—1.2	0.20—0.8	0.10以下	0.25以下	Zr+Ti 0.20以下	0.15以下	0.05以下	0.15以下	純部
	皮材[6003]	0.25—1.0	0.6以下	0.10以下	0.8以下	0.8—1.5	0.35以下	0.40以下	—	0.10以下	0.05以下	0.15以下	純部
2017	—	0.20—0.4	0.7以下	3.5—4.5	0.40—1.0	0.40—0.8	0.10以下	0.25以下	Zr+Ti 0.20以下	0.15以下	0.05以下	0.15以下	純部
2219	—	0.20以下	0.30以下	5.8—6.8	0.20—0.40	0.02以下	—	0.10以下	V0.05—0.15, Zr0.10—0.25	0.02—0.10	0.05以下	0.15以下	純部
2024	—	0.50以下	0.50以下	3.0—4.9	0.50—0.9	1.2—1.8	0.10以下	0.25以下	Zr+Ti 0.20以下	0.15以下	0.05以下	0.15以下	純部
2024 合板	心材	0.50以下	0.50以下	3.0—4.9	0.50—0.9	1.2—1.8	0.10以下	0.25以下	Zr+Ti 0.20以下	0.15以下	0.05以下	0.15以下	純部
	皮材[1230]	Si+Fe 0.70以下	—	0.10以下	0.05以下	0.05以下	—	0.10以下	V 0.05以下	0.02以下	0.03以下	—	99.80以上
3003	—	0.6以下	0.7以下	0.05—0.20	1.0—1.5	—	—	0.10以下	—	—	0.05以下	0.15以下	純部
3203	—	0.6以下	0.7以下	0.05以下	1.0—1.5	—	—	0.10以下	—	—	0.05以下	0.15以下	純部
3004	—	0.30以下	0.7以下	0.25以下	1.0—1.5	0.8—1.3	—	0.25以下	—	—	0.05以下	0.15以下	純部
3104	—	0.6以下	0.8以下	0.05—0.25	0.8—1.4	0.0—1.3	—	0.25以下	Ca0.05以下, V0.05以下	0.10以下	0.05以下	0.15以下	純部
3005	—	0.6以下	0.7以下	0.30以下	1.0—1.5	0.20—0.6	0.10以下	0.25以下	—	0.10以下	0.05以下	0.15以下	純部
3105	—	0.6以下	0.7以下	0.30以下	0.30—0.8	0.20—0.8	0.20以下	0.40以下	—	0.10以下	0.05以下	0.15以下	純部

表3 化学成分(続き)

単位 %

合金番号	合材料	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Zr, Zr+Ti, Ca, V	Ti	その他 <sup>(1)</sup>		Al
											例々	合計	
5005	—	0.30以下	0.7以下	0.20以下	0.20以下	0.50—1.1	0.10以下	0.25以下	—	—	0.05以下	0.15以下	純部
5052	—	0.25以下	0.40以下	0.10以下	0.10以下	2.2—2.8	0.15—0.35	0.10以下	—	—	0.05以下	0.15以下	純部
5052	—	Si+Fe 0.40以下	—	0.04以下	0.01以下	2.2—2.8	0.15—0.35	0.10以下	—	—	0.05以下	0.15以下	純部
5154	—	0.25以下	0.40以下	0.10以下	0.10以下	2.1—3.9	0.15—0.35	0.20以下	—	0.20以下	0.05以下	0.15以下	純部
5254	—	Si+Fe 0.45以下	—	0.05以下	0.01以下	3.1—3.9	0.15—0.35	0.20以下	—	0.05以下	0.03以下	0.15以下	純部
5454	—	0.25以下	0.40以下	0.10以下	0.50—1.0	2.4—3.0	0.05—0.20	0.25以下	—	0.20以下	0.05以下	0.15以下	純部
5082	—	0.20以下	0.35以下	0.15以下	0.15以下	4.0—5.0	0.15以下	0.25以下	—	0.10以下	0.05以下	0.15以下	純部
5182	—	0.20以下	0.35以下	0.15以下	0.20—0.50	4.0—5.0	0.10以下	0.25以下	—	0.10以下	0.05以下	0.15以下	純部
5083	—	0.40以下	0.40以下	0.10以下	0.40—1.0	4.0—4.9	0.05—0.25	0.25以下	—	0.15以下	0.05以下	0.15以下	純部
5086	—	0.40以下	0.50以下	0.10以下	0.20—0.7	3.5—4.5	0.05—0.25	0.25以下	—	0.15以下	0.05以下	0.15以下	純部
5N01	—	0.15以下	0.25以下	0.20以下	0.20以下	0.20—0.6	—	0.03以下	—	—	0.05以下	0.10以下	純部
6061	—	0.40—0.8	0.7以下	0.15—0.40	0.15以下	0.8—1.2	0.04—0.35	0.25以下	—	0.15以下	0.05以下	0.15以下	純部
7075	—	0.40以下	0.20以下	1.2—2.0	0.30以下	2.1—2.9	0.18—0.28	5.1—6.1	Zr+Ti 0.25以下	0.20以下	0.05以下	0.15以下	純部
7075 合板	心材	0.40以下	0.20以下	1.2—2.0	0.30以下	2.1—2.9	0.18—0.28	5.1—6.1	Zr+Ti 0.25以下	0.20以下	0.05以下	0.15以下	純部
	皮材[7072]	Si+Fe 0.7以下	—	0.10以下	0.10以下	0.10以下	—	0.8—1.3	—	—	0.05以下	0.15以下	純部
7N01	—	0.30以下	0.35以下	0.20以下	0.20—0.7	1.0—2.0	0.10以下	4.0—5.0	V0.10以下, Zr 0.25以下	0.20以下	0.05以下	0.15以下	純部
8021	—	0.15以下	1.2—1.7	0.05以下	—	—	—	—	—	—	0.05以下	0.15以下	純部
8079	—	0.05—0.30	0.7—1.5	0.05以下	—	—	—	0.10以下	—	—	0.05以下	0.15以下	純部

注(1) その他の元素は、存在が知られる場合は通常の分析過程において規定を超える濃度が見られる場合に限り分析を行う。

English translation of the parts describing the composition of 1050's and 6000's based on

a JIS standard.

Alloy number	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Zr, Zr+Ti, Ca, V	Ti	the other		Al
										each	sum	
JIS 1050	0.25 or less	0.40 or less	0.05 or less	0.05 or less	0.05 or less	—	0.05 or less	V 0.05 or less	0.03 or less	0.03 or less	—	99.50 or more
JIS 1100	Si + Fe 0.95 or less	0.05 - 0.20	0.05 or less	—	—	—	0.10 or less	—	—	0.05 or less	0.15 or less	99.00 or more
JIS 6061	0.40 - 0.8	0.7 or less	0.15 - 0.40	0.15 or less	0.8 - 1.2	0.04 - 0.35	0.25 or less	—	0.15 or less	0.05 or less	0.15 or less	balance

「アルミニウム材料の基礎と工業技術」編集委員・執筆者名簿

氏名	所 属	執 筆 部 所
○竹上 太一郎	関西大学工学部教授	4章1節, 2節 9章1節, 2節
○伊藤 邦夫	東京大学工学部総合研究所	3章1節, 2節
○伊藤 光彦	スカイアルミニウム研究所	1章1節, 8章1節, 3節, 5章3節
○岩見 修	昭和アルミニウム研究所	8章9節
○内山 利光	昭和アルミニウム研究所	6章3節, 4節, 5節
○大塚 良一	昭和アルミニウム研究所	1章1節, 8章4節, 7節2項
○大塚 良一	三菱アルミニウム技術研究所	2章1節, 3節
○海部 昌治	神戶製鋼所総合技術研究所	5章2節, 3節
○川 利平	古河アルミニウム工業技術研究所	7章4節
○所 内 利平	(社) 日 経 金 属 研 究 所	8章11節
○小 菅 重 三	佛 国 日 経 金 属 研 究 所	1章2節
○坂本 敏正	神戶製鋼所総合技術研究所	9章3節
○松山 敏夫	住友軽金属工業株式会社研究所	7章1節, 2節, 3節
○鈴木 敏夫	住友軽金属工業株式会社研究所	6章1節, 2節
○鈴木 敏夫	神戶製鋼所総合技術研究所	1章3節, 8章10節1項
○鈴木 敏夫	住友軽金属工業株式会社研究所	8章10節2項
○竹内 年一	三菱アルミニウム技術研究所	2章1節, 2節, 3節
○田中 年一	古河アルミニウム工業技術研究所	2章4節, 8章5節, 12章, 13章
○田中 年一	三菱アルミニウム技術研究所	5章1節
○馬場 敏三	住友軽金属工業技術研究所	4章3節, 8章7節3, 4項
○高木 敏光	古河アルミニウム工業技術研究所	3章3節, 4節
○高木 敏光	神戶製鋼所総合技術研究所	8章2節, 5節 9章4節
○横田 敏	住友軽金属工業株式会社研究所	1章2節3項の6, 8章8節

(50名) 編集委員 〇編集委員



「アルミニウム材料の基礎と工業技術」

定価 5,500円

昭和60年5月1日第1版第1刷発行

発行 社団法人 軽 金 属 協 会  
「アルミニウム材料の  
基礎と工業技術」編集委員会

発行所 〒103 東京都中央区日本橋2丁目1番3号  
(日本橋朝日生命館)

電話 東京 (03) 273-3041 (代表)

印刷所 株式会社 昭 栄 社 印刷所

〒454 名古屋市中川区十番町3丁目1番地

電話 名古屋 (052) 652-2368 (代表)

(無断転載お断り) FAX 652-0219 1985年〇

記丁、落丁のものは上記印刷所にてお取替いたします。



### 8.3.5 6000系合金 (Al-Mg-Si系)

6000系の中強度、高延性合金の代表的用途例として自動車用ボディンシート材がある。この用途にはアルミニウム材料としてそのほか2000、5000系合金も用いられている。この用途の材料に要求される主な性能は強度（冷延板並の引張強さ $28 \sim 34 \text{ kgf/mm}^2$ ）と張り出し性および曲げ加工などの成形性である。

これらの合金は強度と延性（伸び）のバランスを考慮して、非熱処理合金では強度の高い中間調質材より伸びの高いO材が、熱処理合金では強度的に有利な高温時効材より成形性にすぐれたT4材が使われる<sup>19)</sup>。

6000系合金は2000系合金より耐食性、焼付硬化性にすぐれ、5000系合金で成形時間となるリユースラインが発生しないなどの特徴がある。

図32に6000系合金のMgとSiの組成範囲を示す。Mg、Si量の増加と共に強度は増加する。Mg、Si組成よりMg過剰合金はMg<sub>2</sub>Siの析出温度での固溶量が増加し時効硬化性が低下する<sup>20)</sup>。Si過剰合金は延性は低下するが、しかし時効硬化性が高い。

6009-T4材の成形性は5182-O材とほぼ同等であり、6009-T4材より強度の高い6010-T4材の成形性は2036-T4材と同等である<sup>21)</sup>。自動車ボディン材は成形・組み立て後の塗装焼付の工程が入る。成形加工、塗装焼付を想定して予歪を与え、時効した場合の強度変化を図33<sup>21)</sup>に示す。熱処理合金の2036はこの焼付条件では十分時効硬化せず強度は下がるが、6000系合金は塗装焼付処理により時効硬化し強度が向上する。6111合金<sup>22)</sup>は6010合金よりSi、Mg量を減らし、Cu量を減らした合金でスプリングバックが小さい特徴がある。

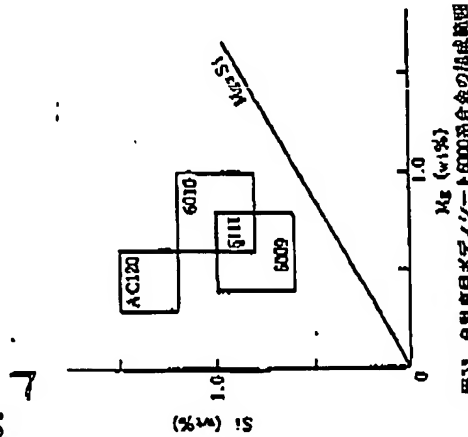


図32 自動車用ボディンシート6000系合金の組成範囲

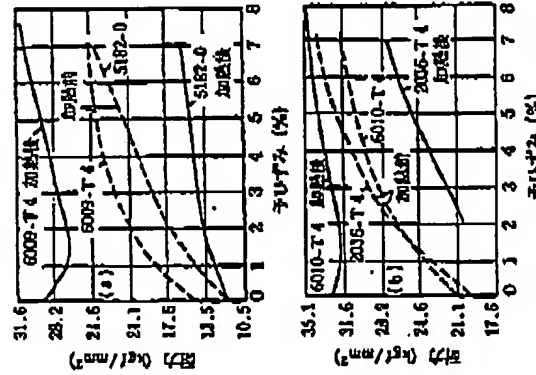


図33 耐力に及ぼすストレッチと焼付(203℃×4H)の影響<sup>21)</sup>

自動車用ボディンシート材にはそのほかパネル剛性、面デント性能が要求される。これらの性能には素材の板厚と耐力が関係する。面デ

ント性と板厚、耐力の関係を図34<sup>21)</sup>に示す。6009、6010合金のT4材は面デント性能が5182-O材よりすぐれ、2036-T4材にはほぼ匹敵する。要求性能からアウターパネル用には6010、2036、AC120合金のT4材、5182-SF材が使用され、インナーパネル用には6009-T4、5182-O材が使われる。

しかし、表13に示すようにいずれの合金も冷延板とはほぼ同等の引張強さであるが、成形性の尺度となる伸びは現状では冷延板に及ばない。さらに延性向上材として、引張強さ $30 \text{ kgf/mm}^2$ 、伸び30%以上の各種合金<sup>23)</sup>が開発されている。

### 8.3.6 8000系合金

キャップ材として用いられる8011合金や熱交換器のフィン材である8006、8007合金などがこの系の代表的成形用合金である。8011合金は板巾、長さ方向での機械的性質や耳車の変動が少なく、かつ耳車が低いなどの特徴をもったノン・イヤリング材（耳車2%以下）である。キャップ材としては一般にH14材が使われ、成形性、印刷性、ひきざれ性などがすぐれている。

8006、8007合金はAl-Fe-Mn系共晶タイプ合金で、合金組成、連続鍛造圧延などにより晶出物、結晶粒を微細化して強度および成形性の向上を図っている。絞りタイプ加工で板厚 $90 \mu$ のフィンの製造例が報告<sup>24)</sup>されている。

### 8.4 押出用合金

#### 8.4.1 押出性に及ぼす合金元素の影響

アルミニウムおよびその合金の優れた展延性と低変形抵抗は押出加工にとって非常に有利な条件となるため、JISあるいはAAの各種延伸用規格合金のほとんどが工業的に押出可能となっている。中でも製品材料強度に対して押出性が最も優れている（押出圧力が小さく、限界押出速度の大きい）合金が工業的に大量生産されることになる。

アルミニウムの450℃での押出圧力に及ぼす添加元素の影響がCastles<sup>25)</sup>によって図35のように報告されており、Mg、Cuは著しく押出圧力を増加するが、Siはその効果が少なく、Znはほとんど押出圧力を増加しないことが分かる。Kukushkin<sup>26)</sup>は押出速度を上げていった場合に押出製品表面に押出方向と直角に割れが発生する限界押出速度について、アルミニウムの添加元素の影響を調べ、Castlesらの押出圧力測定結果と同様の傾向を得ている。すなわち、最も押出圧力の小さいAl-Zn系が最大の限界押出速度を持ち、Al-Si、Al-Cu、Al-Mgの順に小さくなる。Elegin<sup>27)</sup>はMg、Cu、Si、Znのようアルミニウムへの固

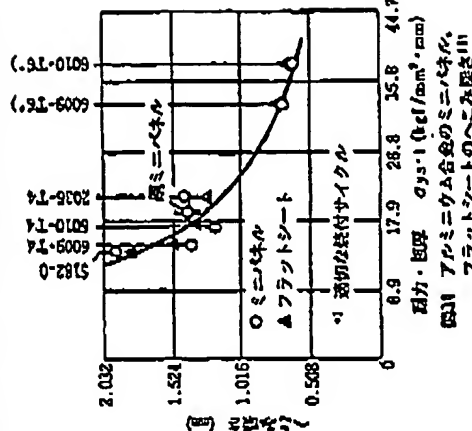


図34 アルミニウム合金のミニパネル、フラットシートへのひきざれ性



The partial translation of page 318 in "The Basic and Industrial Technology of Aluminum Materials" (published by Japan Institute of Light Metals, May 1, 1985 edition)

Figure 32 shows the range of Mg and Si compositions of 6000 series alloy. The strength increases along with the increase of the amount of  $Mg_2Si$ . An alloy with more excessive Mg than  $Mg_2Si$  composition has a reduced amount of solid solution at a solution temperature of  $Mg_2Si$  and has a decreased property of age hardening. In an alloy with excessive Si, although the ductility thereof decreases, the property of age hardening is high.

Molding property of 6009-T4 material is almost equal to that of 5182-O material, and the molding property of 6010-T4 material which has higher strength than that of 6009-T4 material is equal to that of 2036-T4 material. A car body member is subjected to coating and baking processes after molding and assembling processes. The change of strength is shown in Figure 33 when predistortion is given on the assumption of molding, coating and baking treatments to harden age. 2036 of a heat-treated alloy is not sufficiently age-hardened in this baking condition and the strength thereof decreases while 6000 series alloy is age-hardened by being subject to the coating and baking

treatment so that the strength thereof improves. 6111 alloy includes smaller Si and Mg amounts than 6010 alloy but larger Cu amount, having a feature of the decreased occurrence of springback.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**